

## Mfr. or repair of turbine blade tips using laser beam weld-coating and blade master alloy metal powder filler

**Patent number:** DE19547903  
**Publication date:** 1997-03-20  
**Inventor:** MEIER REINHOLD (DE)  
**Applicant:** MOTOREN TURBINEN UNION (DE)  
**Classification:**  
 - **international:** B23K26/34; B23P6/00; F01D5/00; B23K26/00;  
 B23P6/00; F01D5/00; (IPC1-7): B23K26/00; B23P6/00  
 - **European:** B23K26/34; B23P6/00; F01D5/00B  
**Application number:** DE19951047903 19951221  
**Priority number(s):** DE19951047903 19951221

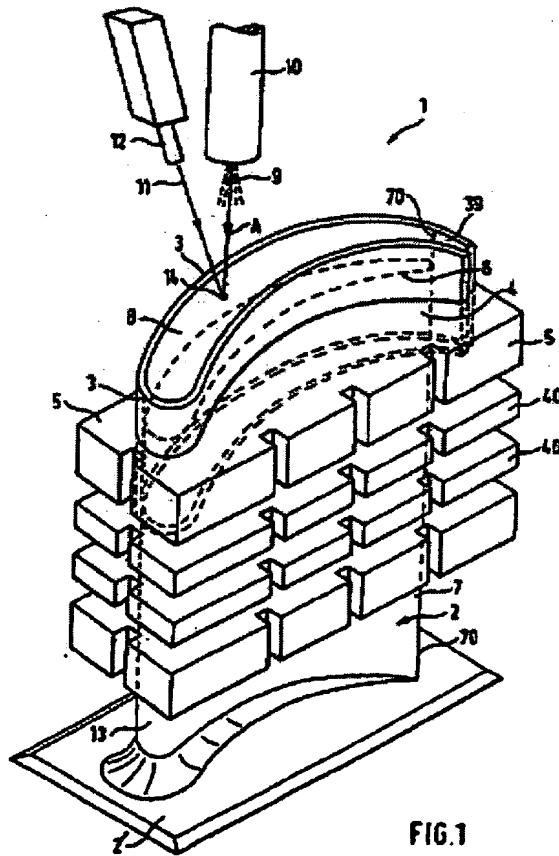
Also published as:

US5701669 (A)  
 GB2308321 (A)  
 FR2742688 (A)

[Report a data error](#)

### Abstract of DE19547903

The method is used to make or repairs turbine blades. Laser beam weld-coating is employed, using a metal powder filler. The novel approach involves forming a strip of metal sheet (3) into a fork-like shape. This is fitted tightly around the contour (4) of the blade tip (6) with the aid of an externally-surrounding encapsulation of injection-moulded plastic (5). This locks around the contour, faithful to its profile, forming a mould in the manner of shuttering. The strip projects beyond both encapsulation and blade tip. The internal region (8) rising above the tip, is completely filled. Also claimed are the corresponding mould, as described, and the method of making it. The flexible metal strip is formed about the tip of the blade and pressed on using an upper lamellar diaphragm (22). A contour-fitting lower lamellar diaphragm is set near the root of the blade, completing a closed cavity between upper and lower diaphragms. The plastic is then injected, exerting pressure on the lower regions of the metal sheet strip.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

EV 320 245 972 US

DE 195 47 903 C 1



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ Patentschrift  
⑯ DE 195 47 903 C 1

⑮ Int. Cl. 6:  
**B 23 K 26/00**  
B 23 P 6/00

⑯ Aktenzeichen: 195 47 903.3-34  
⑯ Anmeldetag: 21. 12. 95  
⑯ Offenlegungstag: —  
⑯ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 20. 3. 97

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑯ Patentinhaber:

MTU Motoren- und Turbinen-Union München GmbH,  
80995 München, DE

⑯ Erfinder:

Meier, Reinhold, 84405 Dorfen, DE

⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 43 27 189 A1  
DE 41 41 927 A1  
EP 05 62 130 A

HAFERKAMP, H. u.a.:

»Laserstrahlaufragsschweißen an Bauteilen für den  
industriellen Einsatz«, in: Schweißen und Schneiden,  
1993, H. 9, S.513-515;

⑯ Verfahren zur Herstellung oder Instandsetzung von Schaufeln für Turbomaschinen mittels  
Laserstrahlaufragsschweißen unter Verwendung eines Metallpulvers als Zusatzwerkstoff, sowie Stützform  
zur Herstellung oder Instandsetzung derartiger Schaufeln und Verfahren zur Herstellung der Stützform

⑯ Die Erfindung betrifft ein Reparaturverfahren zur Verlängerung von Turboschaufeln mit untermäßigen Schaufelblattlängen, wobei ein Blechstreifen gabelartig vorgeformt wird und als eine Stützform enganliegend an die obere Schaufelblattkontur mittels einer äußeren Kunststoffumspritzung kraftschlüssig und konturen genau auf die obere Schaufelblattkontur gepreßt wird, wobei die Blechstreifen derart angeordnet wird, daß er aus der anpressenden Kunststoffmasse heraus und über die Schaufelblattspitze ragt. Zur Verlängerung des Schaufelblattes wird der die Schaufelblattspitze überragende Bereich innerhalb des Blechstreifens mittels Laseraufragsschweißen aufgefüllt. Ferner wird eine Stützform, die für die erfindungsgemäße Verlängerung der Turboschaufel eingesetzt wird und ein Verfahren zur Herstellung der Stützform beschrieben.

DE 195 47 903 C 1



## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung oder Instandsetzung von Schaufeln für Turbomaschinen mittels Laserstrahlaufragsschweißen unter Verwendung eines Metallpulvers als Zusatzwerkstoff. Ein solches Verfahren ist aus der Druckschrift "Laserstrahlaufragsschweißen und Schneiden" Heft 9, S. 513—515 bekannt.

Bei Wartungsarbeiten und Instandsetzungsarbeiten von Turbotriebwerken fallen regelmäßig untermäßige Schaufeln an, d. h. Schaufeln mit zu geringer Schaufelblatlänge an. Die untermäßigen Schaufeln werden klassifiziert und entsprechend der Klassifizierung reparierten Gehäusemantelringen zugeordnet. Wenn jedoch das Untermäß eine Größenordnung erreicht, die keine Weiterverwendung in einer entsprechenden Triebwerksstufe zuläßt, müssen untermäßige Schaufeln aussortiert werden. Diese Vorgehensweise hat zur Folge, daß Schaufeln im Durchschnitt nur einmal zum Wiedereinsatz kommen und danach aussortiert werden müssen, da das Untermäß in der Länge der Schaufeln betriebsbedingt zu groß geworden ist.

Eine wertehaltende oder wertsteigernde Vorgehensweise, bei der mit jeder Wartung untermäßige Schaufeln auf ein Einheitsmaß verlängert werden, ist aufgrund der bisher bekannten aufwendigen Reparaturverfahren für Schaufeln nicht wirtschaftlich.

In der Europäischen Patentanmeldung EP-0562 130 A ist eine Vorrichtung beschrieben, bei der durch Kopierrollen eine konturkonforme Begrenzungsfäche im Bereich des Auftragsschweißbades nachgeführt wird. Auch diese Vorrichtung und das mit ihr realisierbare Verfahren zur Verlängerung von Schaufeln ist aufwendig und kostenintensiv, so daß es für eine preiswerte Verlängerung von Schaufeln mit schmalen Querschnitten, komplizierten Blattprofilen oder geringen Abmessungen, wie sie in den Hochdruckverdichterstufen üblich sind, nicht geeignet ist.

Aus DE-43 27 189 ist ein Reparaturverfahren für Schaufelblätter bekannt, mit dem zur Verlängerung eines Schaufelblattes ein Reparaturteil in Form einer Reparaturplatte an den Schaufelblattrest stumpf angeschweißt werden kann. Anschließend ist die übermäßige Reparaturplatte konturkonform zum Schaufelblatt zu bearbeiten. Auch dieses Verfahren ist in der Nachbearbeitung der Reparaturplatte zu aufwendig, um für eine oben angegebenen Vorgehensweise bei der Wartung und Instandsetzung von Triebwerken eingesetzt zu werden.

Eine Aufgabe der Erfindung ist es, ein Reparaturverfahren anzugeben, das ohne kostspieligen apparativen Aufwand oder kostenintensive Nachbearbeitung Schaufeln von Turbomaschinen konturkonform verlängert, eine sichere Begrenzung für die aufzubringende Verlängerung bereitstellt und ein standardisiertes Verlängern auch kleinster Schaufeln auf ein Einheitsmaß ermöglicht. Ferner ist es Aufgabe der Erfindung eine kostengünstige Herstellung einer derartigen sicheren Begrenzung für eine Verlängerung einer Schaufel anzugeben.

Die Aufgabe wird erfahrungsgemäß dadurch gelöst, daß bei einem Verfahren nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 ein Blechstreifen gabelartig vorgeformt wird und als Stützform enganliegend an die Kontur mittels einer äußeren Kunststoffumspritzung kraftschlüssig und konturtreu um die Kontur gepräßt wird, wobei der Blechstreifen derart angeordnet wird, daß er aus der

anpressenden Kunststoffumspritzung heraus und über die Schaufel spitze hinausragt und daß der die Schaufel spitze überragende Innenbereich des Blechstreifens aufgefüllt wird.

- 5 Ein derartiges Reparaturverfahren hat den Vorteil, daß eine konturkonforme Nachbearbeitung der Verlängerung der Schaufel nicht erforderlich ist. Ferner hat es den Vorteil, daß der gabelartig vorgeformte Blechstreifen mehrfach eingesetzt werden kann, und schließlich kann die Kunststoffmasse mit einfachen Mitteln, wie Aufschmelzen oder Tieffrieren, für einen Wiedereinsatz beim Umspritzen und Anpressen des Blechstreifens vielfach eingesetzt werden. Der Materialeinsatz und Materialverbrauch für die Stützform hält sich folglich in engen Grenzen. Das Umspritzen mit Kunststoffen ist ein in der Massenfertigung von Gegenständen bewährtes kostengünstiges Verfahren. Kunststoffe sind jedoch für die hohen Schmelztemperaturen der Schaufelwerkstoffe üblicherweise ungeeignet. Durch die vorteilhafte
- 10 Kombination des Laserauftragsschweißens, das mit geringer durchschnittlicher, aber hoher lokaler Wärmeeinbringung verbunden ist und einem dünnen Blendschutz, der vor Wärmestrahlung und Laserstreulicht mittels des Blechstreifens schützt, wird die temperaturempfindliche
- 15 umspritzte Kunststoffmasse ausreichend abgeschirmt, um bis zum Abschluß des Auftragsschweißens den Blechstreifen konturkonform an die Schaufelblattkontur zu pressen, ohne selbst anzuschmelzen oder zu verbrennen.
- 20 In einer bevorzugten Durchführung des Verfahrens ragen die gabelartigen Endbereiche der Blechstreifen beidseitig über die Austrittskante der Schaufel hinaus, so daß zwischen Schaufelaustrittskante und hinausragenden Endbereichen des Blechstreifens ein Hohlraum für das Zuführen und das Herausführen des Laserstrahls beim Laserauftragsschweißen bereitgestellt wird. Dieser Auslaufbereich für den Laserstrahl verhindert, daß der Laserstrahl längere Zeit einen gleichbleibenden Fleck im Bereich der Schaufel spitze erwärmt, so daß die Stützform im Bereich der Kunststoffmasse thermisch nicht überbeansprucht und beschädigt wird. Durch die Bereitstellung des Hohlraums wird folglich gewährleistet, daß beim Anfahren und Auslaufen des Lasers keine Reparaturflächen aufgeheizt werden.
- 25 Vorzugsweise wird beim Laserauftragsschweißen Metallpulver konzentrisch zum Laserstrahl zugeführt. Das hat den Vorteil, daß genau die Menge an Zugabematerial durch den Laserstrahl zu erwärmen ist, die benötigt wird, um die Schaufel konturgenau zu verlängern.
- 30 Damit ist eine Minimierung der einzubringenden Wärmeenergie verbunden. Ferner gelingt es, mit der konzentrischen Zuführung des Metallpulvers eine gleichmäßige Erwärmung aller Pulverpartikel sicherzustellen.
- 35 Bei einer weiteren bevorzugten Durchführung des Verfahrens weist das Metallpulver dieselbe Zusammensetzung auf wie die Basislegierung der Schaufel und wird unter gleichzeitigem Aufheizen durch einen Laserstrahl auf die Schaufel spitze im Innenbereich des Blechstreifens aufgebracht. Mit dem Aufbringen eines artgleichen Materials zur Verlängerung der Schaufel spitze ist der Vorteil verbunden, daß durch epitaktisches Anwachsen des aufgebrachten Materials an die Kristallite des Basiswerkstoffs eine innige Verbindung zwischen Verlängerung und Schaufelblattrest erreicht werden kann. Ein weiterer Vorteil ist, daß bei artgleichem oder chemisch identischem Material Thermospannungen zwischen Verlängerung und Schaufelrest minimiert werden können.



Vorzugsweise wird gemäß Patentanspruch 5 zunächst das Pulver in einem Binder gebunden aufgetragen und anschließend durch Erhitzen mittels eines Laserstrahls der Binder verdampft und das Metallpulver mit der Schaufel spitze verbunden. Bei dieser Verfahrensvariante ist zwar zusätzlich zur Erwärmungsenergie des Metallpulvers die Verdampfungsenergie für den Binder aufzubringen, dafür kann jedoch die Vorrichtung zum Laserauftragsschweißen apparativ wesentlich vereinfacht werden. Außerdem muß das zusätzliche Einbringen einer Verdampfungsenergie nicht zu einer Erhöhung der Erwärmung des Schaufelrestes und damit einer Gefährdung der Stützform führen, da die zusätzlich eingebrachte Energie für den Binder bei genauer Anpassung der Parameter des Laserauftragsschweißens unmittelbar im Verdampfungsprozeß des Binders verbraucht wird. Außerdem können Binder, wie Kunsthärze oder niedrig schmelzende Metallellierungen, wie Lotte, eingesetzt werden, bei denen eine relativ niedrige Verdampfungswärme erforderlich ist.

Da vielfach die Wartung oder Instandsetzung eines Triebwerks mit einer Verbesserung der Anstreifeigenschaften der Turboschaufeln verbunden wird, wird in einer bevorzugten Durchführung des Verfahrens zur Verlängerung der Schaufel mittels Laserauftragsschweißen eine Panzerung aus metallischer Matrix mit eingebetteten Hartstoffpartikeln auf die Schaufel spitze im Innenbereich des Blechstreifens aufgetragen. Mit dieser Verfahrensvariante ist der Vorteil verbunden, daß mit der Verlängerung des Schaufelrestes gleichzeitig eine Steigerung der Anstreifhärté der Schaufel spitze erreicht wird. Insbesondere bei einem Trimen der Schaufellängen auf ein erwünschtes Einheitsmaß wird mit einer durch Panzerung härteren Schaufel spitze das Einheitsmaß für alle Schaufeln einer Stufe langlebig beibehalten.

Eine Rückgewinnung der für die Stützform eingesetzten Kunststoffmasse wird vorzugsweise nach Verlängerung der Schaufel mittels Tieffrieren der Schaufel mit Stützform erreicht. Dabei wird die Kunststoffmasse von der Schaufel und dem Blechstreifen abgesprengt, da die Kunststoffmasse beim Tieffrieren stärker schrumpft als das Schaufelmateriale und der Blechstreifen.

Eine andere bevorzugte Möglichkeit der Rückgewinnung der Kunststoffmasse ist vorzugsweise das Aufschmelzen der Kunststoffmasse der Stützform durch Aufheizen von Schaufel, Blechstreifen und Kunststoffmasse. Das hat den Vorteil, daß der aufgeschmolzene Kunststoff unmittelbar einer Spritzgußmaschine zum Umspritzen einer nächsten Schaufel und zum Fixieren eines entsprechenden Blechstreifens zugeführt werden kann.

Bei einer weiteren bevorzugten Durchführung des Verfahrens wird die Kunststoffmasse nach Verlängerung der Schaufel der Stützform mittels Eintauchen und Aufschmelzen in einem Schmelzbad aus gleichem Material, wie die Kunststoffmasse, von der Schaufel und dem Blechstreifen abgelöst. Nach dem Ablösen der Kunststoffmasse von der Schaufel und von dem Blechstreifen durch Einschmelzen werden die verlängerte Schaufel und der Blechstreifen dem Kunststoffbad entnommen und gereinigt, während die geschmolzene Kunststoffmasse dem Verfahren wieder zugeführt wird.

Die Stützform zur Herstellung oder Instandsetzung von Schaufeln für Turbomaschinen umgibt als ein gabelartig vorgeformter metallischer Blechstreifen die Kontrur der Schaufel spitze und ist von einer äußeren Kunststoffumspritzung enganliegend, kraftschlüssig und kon-

tretre um die Kontur gepreßt, wobei der Blechstreifen aus der anpressenden Kunststoffumspritzung heraus und über die Schaufel spitze hinaus ragt.

Diese Stützform hat den Vorteil, daß sie automatisch durch einen billigen Spritzgußvorgang konturkonform an das Schaufelblattprofil angepaßt werden kann und dort kraftschlüssig in Position verbleibt, bis das Verlängerungsverfahren abgeschlossen ist.

Dabei bestimmt der Blechstreifen nicht allein die Schaufelblattkontur im Bereich der Verlängerung, sondern schützt gleichzeitig die Kunststoffmasse vor Überhitzung, vor Wärmestrahlung und vor Laserstreulicht. Durch die hohe Wärmeleitfähigkeit des Blechstreifens gegenüber der Kunststoffmasse und durch ein Enganliegen des Blechstreifens an der Schaufelblattkontur wird vorteilhafterweise die vom Blechstreifen durch Wärmestrahlung und Wärmeleitung aufgenommene Wärme des Laserauftragsschweißens unmittelbar in den Schaufelblattrest und nicht in die Kunststoffmasse abgeführt.

Die Stützform weist vorzugsweise eine Kunststoffumspritzung mit Rippen auf. Diese Rippen dienen vorteilhaft der Kühlung des Kunststoffes und gleichen mechanische Belastungen an kritischen Stellen aus. Ferner bilden sie Sollbruchstellen für ein Abplatzen den Kunststoffmasse nach Verlängerung der Schaufel.

Der Blechstreifen ist vorzugsweise aus Weichkupfer, Bronze oder Messing hergestellt. Derartige Materialien sind ohne hohen Energieaufwand deformierbar und können deshalb ohne große Schwierigkeiten von einer Lamellenblende konturkonform gegen das Schaufelblattprofil gepreßt werden. Ihre Wärmeleitfähigkeit ist um Größenordnungen größer als die des Kunststoffes, so daß eine Ableitung der Verlustwärme aus dem Laserauftragsschweißen an den Schaufelblattrest ohne Gefährdung der Anpreßfunktion der Kunststoffmasse gewährleistet ist.

Für das Aufbringen von Verlängerungen aus Materialien mit extrem hohem Schmelzpunkt oder für Verlängerungen die mehrere Millimeter übersteigen ist der Blechstreifen aus Wolfram hergestellt, da dieses Material wesentlich höher erwärmt werden kann und keine Verbindung mit allen herkömmlichen Schaufelblattlegierungen während des wenige Sekunden anhaltenden Laserauftragsschweißens eingeht.

Bei Haftungsproblemen zwischen Blechstreifenmaterial und Verlängerungsmaterial werden die Blechstreifen vorzugsweise mit einer geeigneten Beschichtung versehen, die ein sicheres Ablösen des Blechstreifenmaterials von dem Verlängerungsmaterial nach dem Laserauftragsschweißen ermöglicht.

Als Kunststoffmasse hat sich vorzugsweise Polystyrol bewährt. Dieser thermoplastische Werkstoff zeigt ausgezeichnete Klemmeigenschaften nach dem Umspritzen eines Schaufel- und Blechstreifenbereichs, so daß eine kraftschlüssige Verbindung während des nachfolgenden Laserauftragsschweißens gewährleistet ist. Das Polystyrol kann durch andere thermoplastische Kunststoffe ersetzt werden, sofern die Klemmfunktion für den Blechstreifen aufrechterhalten wird.

Das Verfahren zur Herstellung einer Stützform umfaßt die Verfahrensschritte:

- Anlegen eines biegsamen, gabelartig vorgeformten Blechstreifens an die obere Kontur der Schaufel spitze,
- Anpressen des Blechstreifens an die Kontur der Schaufel spitze mittels einer oberen Lamellenblende,



- c) konturtreues Abdichten des Schaufelprofils im unteren Schaufelbereich mittels einer unteren Lamellenblende unter Bildung eines geschlossenen Raumes zwischen oberer und unterer Lamellenblende,
- d) Ausspitzen des geschlossenen Raumes mit einer Kunststoffmasse unter Einschluß des Schaufelbereiches zwischen oberer und unterer Lamellenblende unter Anpressen des unteren Bereichs des Blechstreifens mittels der in den Raum eingebrachten Kunststoffumspritzung.

Ein Vorteil dieses Verfahrens ist die unkomplizierte Herstellung der Stützform mittels bekannter Herstellungsmaschinen für Massenprodukte, der relativ geringe Zeitaufwand zur Bereitstellung von Ausgangsstoffen, wie Kunststoffmasse und gabelförmigem Blechstreifen und der geringe Materialverlust durch Wiederverwendbarkeit von Blechstreifen und Kunststoffmasse. Damit wird die Stützformherstellung zu einem Billigverfahren, daß sich wirtschaftlich auch für kleinste Turboschaufelabmessungen und Turboschaufelverlängerungen einsetzen läßt.

Die Herstellung der erfindungsgemäßen Stützform mit obigen Verfahrensschritten ist physisch mit dem zu verlängernden Objekt verbunden. Diese physische Bindung ist jedoch nicht immer notwendig, zumal wenn in Längsrichtung sich konisch verjüngende Schaufelprofile zu verlängern sind. In derartigen Fällen können Stützformen in Massen an einem Schaufelblattmuster hergestellt und vor dem Laserauftragsschweißen über den jeweiligen zu verlängernden Schaufelblattrest geschnitten werden.

Vorzugsweise erfolgt das Ausspritzen des Raumes zwischen oberer und unterer Lamellenblende unter einem Druck von über 1 bis 10 MPa (über 10 bis 100 bar). Dieser Druck ist dem Volumen und Füllgrad des auszuspritzenden Raumes und der Struktur der eingesetzten Lamellenblenden anzupassen.

Als Blechstreifenmaterial wird vorzugsweise für ein Auftragsschweißen von wenigen Millimetern Weichkupfer, Bronze oder Messing und Wolfram für größere Schaufelblattverlängerungen eingesetzt. Ferner können die Blechstreifen mit einer geeigneten Beschichtung versehen werden, um ein Ablösen des Blechstreifens von der Verlängerung der Schaufel nach Entfernen der Kunststoffmasse zu gewährleisten.

Zwischen oberer und unterer Lamellenblende werden als Kunststoffmasse vorzugsweise thermoplastische Kunststoffe, insbesondere Polystyrol, in den Raum eingespritzt, da sich diese Kunststoffe beinahe unbegrenzt unter wiederholtem Einschmelzen, Einspritzen und Erstarren vorteilhaft wiederverwenden lassen.

Die folgenden Figuren zeigen ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

Fig. 1 zeigt eine Anordnung zum Verlängern von Schaufeln in perspektivischer Darstellung.

Fig. 2 zeigt eine Anordnung zum Verlängern von Schaufeln im Querschnitt.

Fig. 3 zeigt eine Anordnung zum Verlängern von Schaufeln in Draufsicht.

Fig. 1 zeigt eine Anordnung 1 zum Verlängern von Schaufeln 2 in perspektivischer Darstellung. Dazu ist ein Blechstreifen 3 gabelartig vorgeformt und wird als eine Stützform enganliegend an die obere Schaufelblattkontur 4 mittels einer äußeren Kunststoffumspritzung 5 kraftschlüssig und konturtreu auf die obere Schaufelblattkontur 4 gepreßt. Der Blechstreifen 3 wird derart

angeordnet, daß er aus der anpressenden Kunststoffmasse 5 heraus und über die Schaufelblattspitze 6 ragt. Zur Verlängerung des Schaufelblattes 7 wird der die Schaufelblattspitze 6 überragende Bereich 8 innerhalb des Blechstreifens 3 mittels Laserauftragsschweißen aufgefüllt. Das Material für die Verlängerung wird in Pulverform 9 aus einer Pulverkanone 10 in Strahlrichtung A aufgespritzt und ein Laserstrahl 11 aus einer Laserstrahikanone 12 erwärmt die Pulvermasse 9, so daß diese die Schaufel spitze 6 verlängernd mit der Schaufel spitze 6 verbunden bzw. auftragsverschweißt wird.

Die Untermaße der Schaufeln und damit die erforderliche Verlängerung liegt in dieser beispielhaften Ausführungsform zwischen 0,1 und 3,5 mm bei einer Konturtoleranz von unter 0,05 mm. Es wurden Hochdruckverdichter-Leitschaufeln, Hochdruckverdichter-Laufschaufeln und Mitteldruckverdichter-Laufschaufeln mit dem erfindungsgemäßen Verfahren verlängert und teilweise mit der Verlängerung gepanzert.

Aufgrund der punktförmigen Erwärmung durch den Laserstrahl 11 wird die Temperatur des Schaufelrestes 13 und des Blechstreifens 3 nicht wesentlich erhöht, so daß eine bei relativ niedrigen Temperaturen erweichende Kunststoffmasse 5 den Blechstreifen 3 an das Schaufelblattprofil während der wenigen Sekunden des Laserauftragsschweißens anpressen kann, ohne ihre Klemmfähigkeit gegenüber dem Blechstreifen 3 zu verlieren. Die Erweichungstemperatur des Kunststoffs ist dabei vergleichsweise wesentlich niedriger als die lokalen Temperaturen, die beim Auftragsschweißen im Aufpunkt 14 des Laserstrahls auftreten, um das Material für die Verlängerung aufschmelzen zu können.

Fig. 2 zeigt eine Anordnung 1 zum Verlängern von Schaufeln 2 im Querschnitt. Vor dem Verlängern wird eine Stützform 20 hergestellt, die eine konturgenaue Verlängerung 21 der Schaufel 2 ermöglicht. Dazu wird ein biegsamer, gabelartig vorgeformter Blechstreifen 3 an die obere Schaufelblattkontur 4 angelegt und mittels einer oberen Lamellenblende 22, von der die Lamellen 23, 24 im Querschnitt zu sehen sind und die in den Pfeilrichtungen D und E verschieblich sind, konturgenau an den oberen Bereich 4 der Schaufel 2 angepreßt. Gleichzeitig erfolgt im unteren Schaufelblattbereich 25 ein konturnahes Abdichten des Schaufelprofils mittels einer unteren Lamellenblende 26, von der die Lamellen 27, 28 im Querschnitt zu sehen sind, und die in den Pfeilrichtungen F und G verschieblich sind.

Zwischen oberer und unterer Lamellenblende 23 und 26 wird ein geschlossener Raum gebildet, der von den Lamellenblenden 23 und 26 und von Seitenwänden 31 begrenzt wird. Unter Einschluß des Schaufelblattbereiches 32 zwischen oberer und unterer Lamellenblende 23 und 26 und unter Anpressen des unteren Bereichs 29 des Blechstreifens 3 wird in den Raum eine Kunststoffmasse 5 eingespritzt. Die Lamellen können während des Spritzvorganges von einer oberen und einer unteren Trägerplatte 33 bzw. 34 gestützt werden. Um die Kunststoffmasse 5 durch Rippen 40 zu gliedern, können in die Spritzform Querstege 35 eingelegt werden.

Nach Abschluß der Kunststoffeinspritzung werden die Trägerplatten 33 und 34, die Lamellenblenden 23 und 26 die Seitenwände 31 und gegebenenfalls die Querstege 35 entfernt, so daß die Kunststoffmasse 5 den Blechstreifen 3 konturkonform im oberen Bereich 29 des Schaufelblattes 2 einklemmt. Abschließend wird die Schaufel durch Laserauftragsschweißen in wenigen Sekunden konturgenau um die Verlängerung 21 verlängert.



gert. Das Entfernen des Blechstreifens 3 erfolgt durch Tiefgefrieren der Anordnung, wobei die Kunststoffmasse 5 abplatzt und den Blechstreifen 3 zur Wiederverwendung freigibt.

Fig. 3 zeigt eine Anordnung zum Verlängern von Schaufeln 2 in Draufsicht. Schematisch sind Lamellen 50 bis 61 dargestellt, die einen Blechstreifen 3 konturgenau auf das Schaufelprofil pressen können. Die Seitenwände 31 umgeben den auszuspritzenden Raum. Deutlichheitshalber sind die Trägerplatten in dieser Darstellung weggelassen worden. Durch Doppelpfeile wird die mögliche Bewegungsrichtung der Lamellen 50 bis 61 angezeigt. Der gabelförmige Blechstreifen 3 ist in dieser Darstellung zur Schaufelhinterkante 70 noch offen und wird erst durch den Anpreßdruck der Lamellen 50 und 61 geschlossen. Dabei bildet sich ein Hohlraum 39 entlang der Schaufelaustrittskante 70 aus, der einen ausreichend großen Platz für ein Auswandern des Laserstrahls zu Beginn und zum Ende der Laserauftragsschweißung bietet.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung oder Instandsetzung von Schaufeln für Turbomaschinen mittels Laserstrahlaufragsschweißen unter Verwendung eines Metallpulvers als Zusatzwerkstoff, dadurch gekennzeichnet, daß ein Blechstreifen (3) gabelartig vorgeformt wird und als Stützform enganliegend an die Kontur (4) der Schaufel spitze (6) mittels einer äußeren Kunststoffumspritzung (5) kraftschlüssig und konturtreu um die Kontur (4) gepreßt wird, wobei der Blechstreifen (3) derart angeordnet wird, daß er aus der anpressenden Kunststoffumspritzung (5) heraus und über die Schaufel spitze (6) hinaus ragt, und daß der die Schaufel spitze (6) überragende Innenbereich (8) des Blechstreifens (3) aufgefüllt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die gabelartigen Endbereiche der Blechstreifen (3) beidseitig über die Austrittskante (70) der Schaufel (2) hinausragen und zwischen Schaufelaustrittskante (70) und hinausragenden Endbereichen des Blechstreifens ein Hohlraum (39) für das Zuführen des Laserstrahls (11) in den und sein Herausführen aus dem Innenbereich des Blechstreifens (3) bereitgestellt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Metallpulver (9) konzentrisch zum Laserstrahl (11) zugeführt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Metallpulver (9) dieselbe Zusammensetzung aufweist wie die Basislegierung der Schaufel (2) und daß das Metallpulver (9) unter gleichzeitigem Aufheizen durch einen Laserstrahl (11) auf die Schaufel spitze (6) im Innenbereich des Blechstreifens (3) aufgebracht wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Metallpulver (9), das eine Zusammensetzung wie die Basislegierung der Schaufel (2) aufweist, gebunden in einem Binder im Innenbereich des Blechstreifens (3) aufgetragen wird und anschließend durch Erhitzen mittels eines Laserstrahls (11) der Binder verdampft und das Metallpulver (9) mit der Schaufel spitze (6) konturgetreu verbunden wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß eine Panzerung aus

metallischer Matrix mit eingebetteten Hartstoffpartikeln auf die Schaufel spitze (6) im Innenbereich des Blechstreifens (3) aufgetragen wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Kunststoffumspritzung (5) der Stützform nach Herstellung oder Instandsetzung der Schaufel (2) mittels Tieffrieren von der Schaufel (2) und dem Blechstreifen (3) abgesprengt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß nach Herstellung oder Instandsetzung der Schaufel (2) die Kunststoffumspritzung (5) der Stützform mittels Aufschmelzen von der Schaufel (2) und dem Blechstreifen (3) abgelöst wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Kunststoffumspritzung (5) der Stützform nach Herstellung oder Instandsetzung der Schaufel (2) mittels Eintauchen und Aufschmelzen in einem Schmelzbad aus gleichem Material, wie die Kunststoffumspritzung (5), von der Schaufel (2) und dem Blechstreifen (3) abgelöst wird.
10. Stützform zur Herstellung oder Instandsetzung von Schaufeln für Turbomaschinen mittels Laserstrahlaufragsschweißen unter Verwendung eines Metallpulvers als Zusatzwerkstoff, dadurch gekennzeichnet, daß sie als ein gabelartig vorgeformter metallischer Blechstreifen (3) die Kontur (4) der Schaufel spitze (6) umgibt und von einer äußeren Kunststoffumspritzung (5) enganliegend, kraftschlüssig und konturtreu um die Kontur (4) gepreßt ist, wobei der Blechstreifen (3) aus der anpressenden Kunststoffumspritzung (5) heraus und über die Schaufel spitze (6) hinaus ragt.
11. Stützform nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Kunststoffumspritzung Rippen (40) aufweist.
12. Stützform nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Blechstreifen (3) aus Weichkupfer, Bronze oder Messing hergestellt ist.
13. Stützform nach Anspruch 10 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Blechstreifen (3) aus Wolfram hergestellt ist.
14. Stützform nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Blechstreifen (3) beschichtet ist.
15. Stützform nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Kunststoffumspritzung (5) aus Polystyrol ist.
16. Verfahren zur Herstellung einer Stützform nach einem der Ansprüche 10-15, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:
  - a) Anlegen eines biegsamen, gabelartig vorgeformten Blechstreifens (3) an die Kontur (4) der Schaufel spitze (6),
  - b) Anpressen des Blechstreifens (3) an die Kontur (4) der Schaufel spitze (6) mittels einer oberen Lamellenblende (22),
  - c) konturtreues Abdichten des Schaufelprofils im unteren Schaufelbereich mittels einer unteren Lamellenblende (26) unter Bildung eines geschlossenen Raumes zwischen oberer und unterer Lamellenblende (22, 26),
  - d) Ausspritzen des geschlossenen Raumes mit einer Kunststoffmasse unter Einschluß des Schaufelbereiches zwischen oberer und unterer Lamellenblende (22, 26) unter Anpressen



des unteren Bereichs (29) des Blechstreifens (3)  
mittels der in den Raum eingebrachten Kunst-  
stoffumspritzung (5).

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß das Ausspritzen des Raumes zwi-  
schen oberer und unterer Lamellenblende (22, 26) 5  
unter einem Druck von über 1 bis 10 MPa (über 10  
bis 100 bar) erfolgt.

18. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17, dadurch  
gekennzeichnet, daß als Material des Blechstreifens 10  
(3) Weichkupfer, Bronze, Messing oder Wolfram,  
vorzugsweise beschichtetes Blechstreifenmaterial  
eingesetzt wird.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 18,  
dadurch gekennzeichnet, daß als Kunststoffum- 15  
spritzung (5) Polystyrol in den Raum zwischen obe-  
rer und unterer Lamellenblende (22, 26) einge-  
spritzt wird.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

**- Leerseite -**

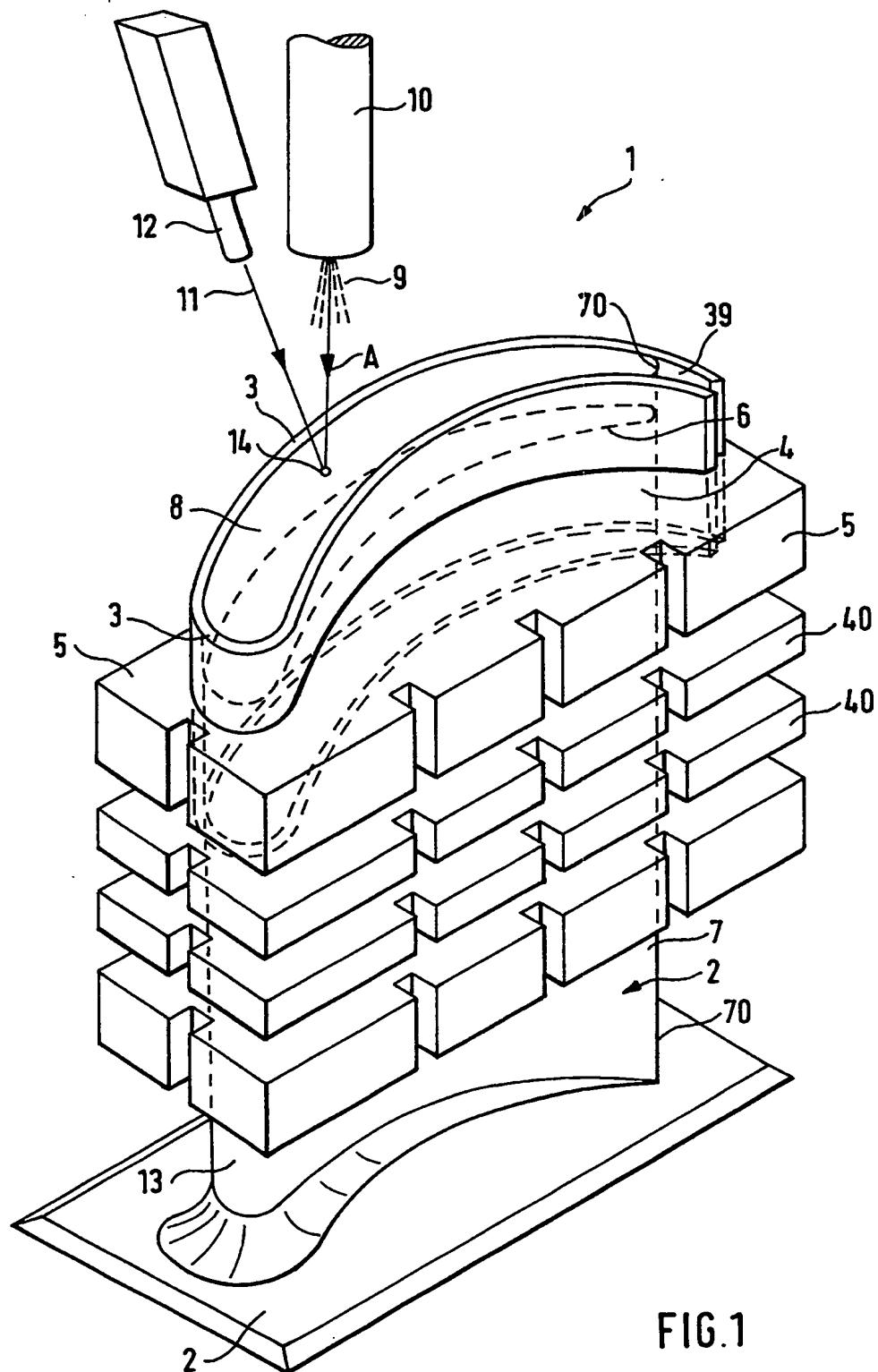


FIG.1

702 112/334

X

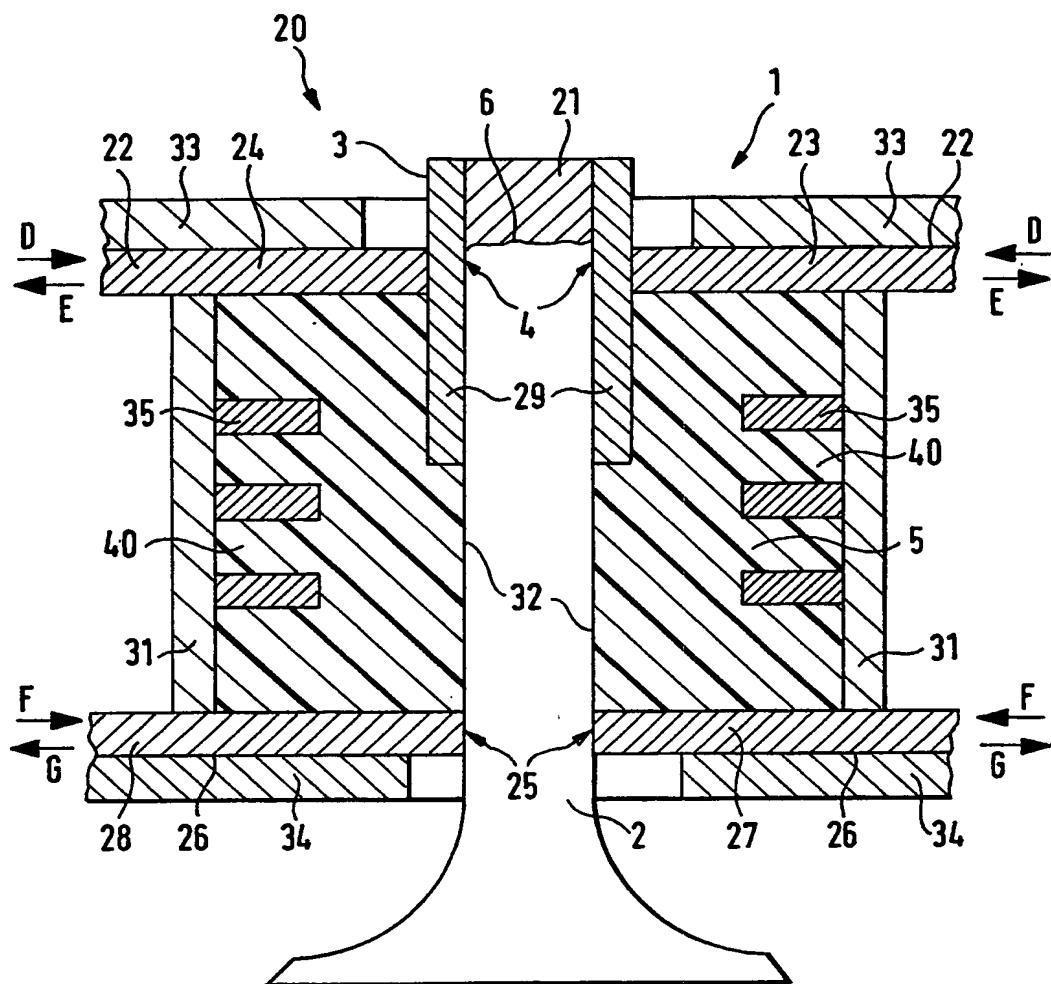


FIG. 2

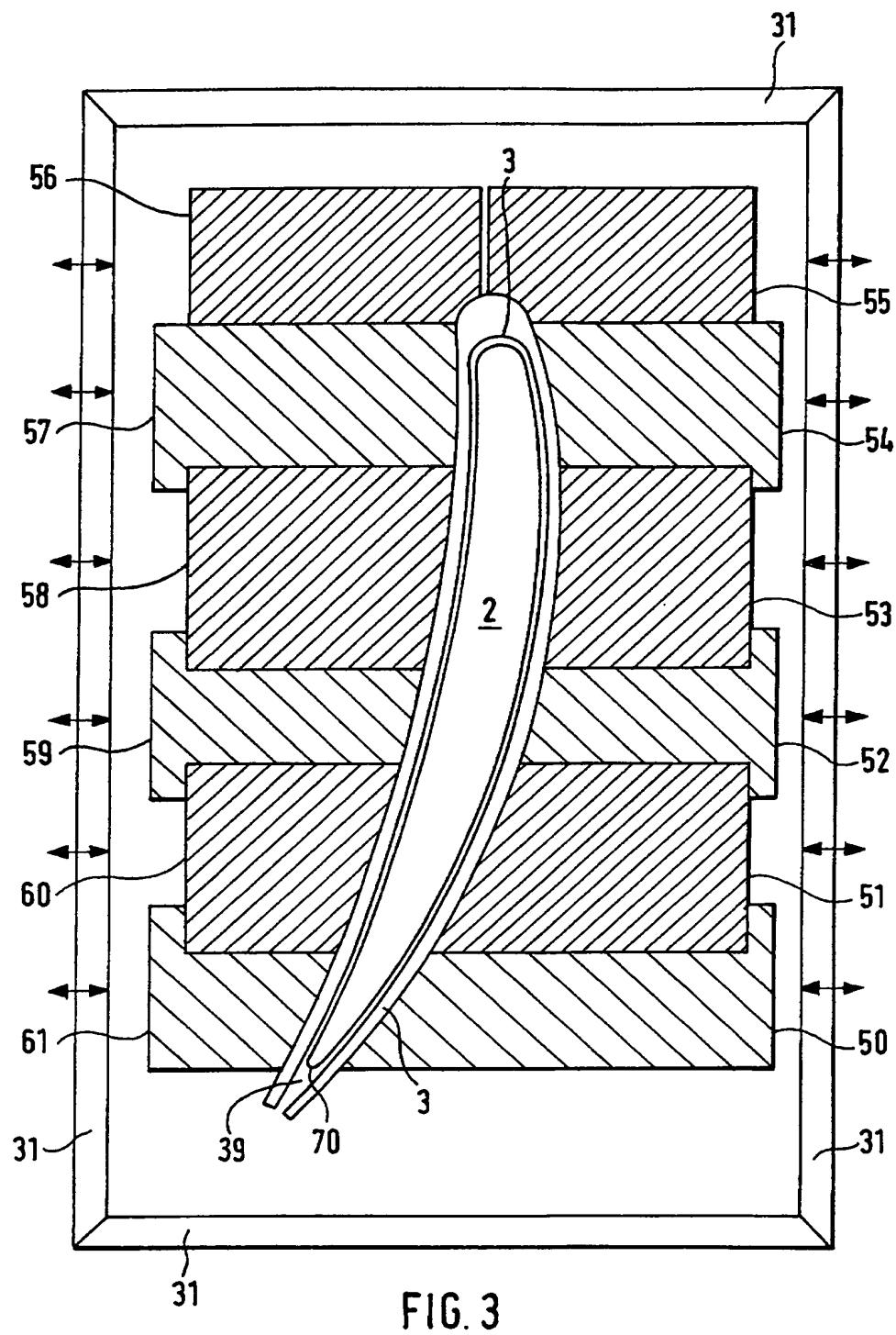


FIG. 3